

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-150575

(43)公開日 平成11年(1999)6月2日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 L 29/00
12/437
12/56

H 0 4 L 13/00 Z
11/00 3 3 1
11/20 1 0 2 F

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平10-224604

(22)出願日 平成10年(1998)8月7日

(31)優先権主張番号 08/918-696

(32)優先日 1997年8月21日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 398038580

ヒューレット・パッカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COMPANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト
ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 デベンドラ・ダス・シャルマ

アメリカ合衆国 カリフォルニア, サン
タ・クララ, ナンバー174, グラナダ・ア
ヴェニュー 3480

(72)発明者 ジョン・エー・ウィッカーラド

アメリカ合衆国 カリフォルニア, ルーミ
ス, ボレン・レーン 7992

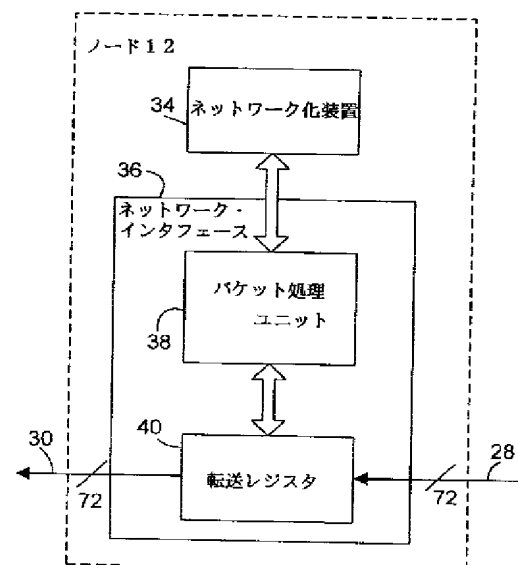
(74)代理人 弁理士 萩野 平 (外3名)

(54)【発明の名称】 データ伝送方法

(57)【要約】

【課題】 データ・パケットの未使用ビットを使用して追加情報を伝送する。

【解決手段】 ノード12はネットワーク化装置34とパケット処理ユニット38及び転送レジスタ40を含むネットワーク・インタフェース36とを含む。パケット処理ユニット38は、ネットワーク化装置34と転送レジスタ40との間に結合され、相互間のデータの転送、出力データ用の誤り訂正コード(ECC)の生成、受信したECCに基づいた入力データの検証、また転送レジスタ40がデータ・パケットを受け入れ状況に基づき出力データの流れを規制する。パケット処理ユニット38においてデータ・パケットの未使用ビット位置に2次コード・ワードを追加すると、ECCが再計算され1次および2次コード・ワードを含むパケット内のすべてのデータを保護する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パケットベースの通信システム内のノード間でデータを伝送する方法において、

第1のノードにおいてデータ・パケット内の1次コード・ワードが前記データ・パケットによって供給されるすべてのビット位置を使用するわけではないことを認識すること、

前記第1のノードにおいて第2のノードにアドレス指定され、2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードを識別すること、

前記第1のノードにおいて前記1次コード・ワードが使用しない前記データ・パケットのビット位置に2次コード・ワードとして前記コード・ワードを格納すること、前記データ・パケットを前記第2のノードに伝送すること、

前記第2のノードにおいて前記データ・パケットに含まれる前記2次コード・ワードが前記第2のノードにアドレス指定されることを認識すること、

前記第2のノードにおいて前記データ・パケットから前記2次コード・ワードを抽出することを含むデータ伝送方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、パケットベースのネットワーク化通信に関する。より具体的には、本発明は、パケットの未使用ビットを使用して追加情報のデータを伝送する方法を行う通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンピューティングおよび通信の分野では、定義済みサイズを有するパケットを使用してパケットベースのネットワークによりデータを伝送することが一般的である。多くの場合、パケットで伝送されるデータは、パケット内に定義されたすべてのビット位置を使用するわけではない。

【0003】 また、コンピューティングの分野では、誤り訂正コード（error correcting code, ECC）をデータ・パケットに関連付けることによりデータ・パケットの完全性を保護することも一般的である。一般的なECCの1つは、「単一誤り訂正-2重誤り検出」（SECDED）ハミング・コードであり、これはパケット内の単一ビットの誤りを訂正し、パケット内の2ビットの誤りを検出することができる。当技術分野では既知のように、SECDEDハミング・コードは、検出機能と訂正機能をデータ・パケット内に組み込むようにデータ・ビットを変換し、また個別の検査ビットも含む。あまり高性能ではない誤り検出技法では、パリティ・ビットを使用してパケット内においてビットの誤りを検出する。

【0004】 データを伝達するためにすべてのビット位置を使用するわけではなくても、通常、ECCは、パケ

ット内のすべてのビット位置について生成される。したがって、パケット全体はECCによって「固定」され、本来はデータを伝達するために使用可能であるはずのビット位置は、パケット内に格納されたデータの完全性を検証するためのECCの能力を破壊することをしないで使用することができない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、データ・パケットによって提供されたすべてのビット位置を使用するわけではない「1次」コード・ワードが格納されたデータ・パケットの未使用空間内に「2次」コード・ワードを追加（piggy backed）することにより、データ・パケットの未使用ビットを使用して追加情報を伝送するための方法および装置である。2次コード・ワードを追加することができる条件は、1）1次コード・ワードが少なくとも1つの2次コード・ワードを格納するためにデータ・パケット内に十分な未使用空間を残していること、2）データ・パケットが1次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードに経路指定された際にデータ・パケットが移動する経路が、2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードも通過する（またはそのノードで終了する）か、または2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードへ2次コード・ワードを中継できるネットワーク・ノードを通過する（またはそのノードで終了する）ことである。

【0006】 本発明は、データ・パケットによって提供されたすべてのビット位置を使用するわけではない「1次」コード・ワードが格納されたデータ・パケットの未使用空間内に「2次」コード・ワードを追加（piggy backed）することにより、データ・パケット内の空間を最大限に利用可能とし、データ伝送の帯域幅を増大することが可能となることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の第1の実施形態では、1次コード・ワードについてECCが生成される際に、データ・パケット内の未使用ビット位置に対して事前定義されたビット・パターン（すべて0など）を使用する。1次コード・ワードが宛先ノードで受信されると、宛先ノードは、1次コード・ワード・タイプに基づいてどのビットが未使用であるかを判定し、未使用ビットが実際に事前定義ビット・パターンを含まない場合でも事前定義ビット・パターンを使用してECCを計算する。この実施形態では、データ・パケットに関連するECCは1次コード・ワードのみを保護する。ECCで2次コード・ワードを保護することが必要な場合、データ・パケットの未使用ビット位置には2次コード・ワードを保護する個別のECCを含めなければならない。

【0008】 第2の実施形態では、データ・パケットの未使用ビット位置に2次コード・ワードが追加される際

に、ECCが再計算される。この実施形態では、データ・パケットに関連するECCは、1次コード・ワードおよび2次コード・ワードを含むパケット内のすべてのデータを保護する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、データ・パケットの未使用の予備ビットを使用して追加情報を伝送するための方法および装置である。本発明は、図1に示すようなネットワーク化システム10のブロック図によって示される。

【0010】ネットワーク化システム10は、ノード12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26を含む。各ノードは、ノード26をノード12に接続するネットワーク・セグメント28やノード12をノード14に接続するネットワーク・セグメント32などのネットワーク・セグメントによって隣接するノードに結合される。データ・パケットは、矢印30が示すように単一時計回り方向にノード間を流れる。ここで使用する「データ・パケット」という用語は、ノード間でデータを伝送するためのデータ構造を指し示すために使用する。対照的に、「コード・ワード」という用語は、データ・パケットが伝達する情報を指し示すために使用する。

【0011】コンピューティングの分野では、「コード・ワード」という用語は、データと、関連の誤り訂正および検出ビットの両方を含むものとして使用する場合が多い。しかし、ここで使用するように、「コード・ワード」という用語は、関連の誤り訂正および検出ビットを除く、実際のユーザまたはシステム・データを示す。

【0012】ネットワーク化システム10は、ネットワーク・セグメントによって接続されたノードを有するタイプのシステムを表す。たとえば、ネットワーク化システム10のノードは、コンピュータ・ワークステーション、プリンタ、サーバなどを有するコンピュータ・ネットワークを表すことができる。あるいは、ネットワーク化システム10は、個々の中央演算処理装置(CPU)がネットワークによってひとまとめに結合されたマルチプロセッサ・システムにすることもできる。ネットワーク化システム10に関連して本発明を示すが、当業者であれば、本発明はスター・トポロジやリンク・クラスタ・トポロジなどの様々なネットワーク・トポロジに適合させることができることが分かるだろう。

【0013】図2は、図1のノード12を示すブロック図である。ノード12に関する以下の説明は、ネットワーク化システム10におけるすべてのノードに適用可能である。ノード12はネットワーク化装置34とネットワーク・インタフェース36とを含み、このネットワーク・インタフェース36はネットワーク化装置34に結合されている。ネットワーク・インタフェース36はパケット処理ユニット38と転送レジスタ40とを含む。ネットワーク化装置34は、コンピュータ・ワークステ

ーション、プリンタ、サーバなど、ネットワークに結合されたどんなタイプの装置でもよい。さらに、ネットワーク化装置34は、マルチプロセッサ・システム内の中央演算処理装置(CPU)を表すことができる。

【0014】図1の他のネットワーク・セグメントに加え、ネットワーク・セグメント28および30はそれぞれ、転送レジスタ40に結合された72ビット・バスである。同期ネットワーク・クロックにより、1つのノードからのデータが次のネットワークにクロックされる。したがって、ネットワークは、ネットワーク・クロック・サイクルごとに各転送レジスタに72ビットずつ並行して転送する。これらのビットのうち64ビットはデータ・パケットを伝達し、残りの8ビットは、SECDEDハミング・コードなど、データ・パケットを保護する誤り訂正コード(ECC)の検査ビットを伝達する。

【0015】パケット処理ユニット38は、ネットワーク化装置34と転送レジスタ40との間に結合される。パケット処理ユニット38は、ネットワーク化装置34がネットワークによりデータを送信する際にネットワーク化装置34から転送レジスタ40にデータを転送し、ノード12にアドレス指定されたコード・ワードを含むデータ・パケットが転送レジスタ40で受信される際に転送レジスタ40からネットワーク化装置34にデータを転送する。また、パケット処理ユニット38は、出力データ用の誤り訂正コード(ECC)も生成し、また入力データとともに受信したECCに基づいて入力データを検証する。最後に、パケット処理ユニット38は、転送レジスタ40がデータ・パケットを受け入れられるかどうかに基づいて、出力データの流れを規制する。

【0016】図3は図2のノードの一部である転送レジスタ40のフォーマットを示している。ビット位置0〜63はデータ・パケット42を保持する。データ・パケット42内では様々なタイプのコード・ワードを伝送することができる。コード・ワードは、データ・パケットの送信元ノードおよび宛先ノード、ヘッダ情報、ACK情報、データ内容などの情報を含むことができる。転送レジスタ40のビット位置64〜71はデータ・パケット用のECC43を保持するために使用し、このECC43はビット位置0〜63に格納されたデータの完全性を検証するために使用する。

【0017】多くの場合、あるノードから別のノードへ転送する必要があるデータ・ブロックはデータ・パケット42のサイズより大きい。したがって、伝送プロトコルを使用してそのデータ・ブロックを伝送する。たとえば、典型的な伝送プロトコルでは、少なくとも1つのデータ内容コード・ワードが続き、ACKコード・ワードで終わるヘッダ・コード・ワードなどの一連のコード・ワードを定義する。

【0018】たとえば、図4は、図3に示す転送レジスタ40に格納された典型的なヘッダ・コード・ワード4

4を示している。ヘッダ・コード・ワード44は、送信元ノード、宛先ノード、後続するデータ内容パケットの数、プロトコルが必要とするその他の情報などの情報を含むことができる。通常、ヘッダ・コード・ワードは、パケット内で使用可能なすべてのビット位置を使用するわけではない。たとえば、ヘッダ・コード・ワード44はビット位置0～39を使用し、それにより、ビット位置40～63が未使用のまま残る。前述のように、ECC43は、図4に示すヘッダ・コード・ワード44を含むデータ・パケットを保護する。

【0019】図5は、図3に示す転送レジスタに格納された典型的なデータ内容コード・ワード46を示している。通常、データ内容コード・ワードはデータ・パケットのすべてのビット位置を使用するが、起こりうる例外として一連のデータ内容コード・ワード内の最後のデータ内容コード・ワードは除く。

【0020】多くの伝送プロトコルでは、受信ノードが送信元ノードにACKコード・ワードを送り返して、受信ノードがすべての情報を正しく受信したことを確認する必要がある。ヘッダ・コード・ワードと同様に、ACKコード・ワードも通常、データ・パケット内で使用可能なすべてのビット位置を使用するわけではない。

【0021】本発明では、「1次」コード・ワードが格納されるデータ・パケットの未使用空間に追加すべき「2次」コード・ワードに備えるものである。待ち行列状況情報やフロー制御情報などの様々なタイプの制御情報を伝達する1つまたは複数のACKコード・ワードなど、様々なタイプのコード・ワードを2次コード・ワードとして伝送することができる。2次コード・ワードを追加することができる条件は以下の通りである。

1) 1次コード・ワードが少なくとも1つの2次コード・ワード（以下に述べるように設けられている場合は2次コード・ワード用の2次ECCを含む）を格納するためにデータ・パケット内に十分な未使用空間を残していること。

2) データ・パケットが1次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードに経路指定された際にデータ・パケットが移動する経路が、2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードも通過（またはそのノードで終了）するか、または2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードへ2次コード・ワードを中継できるネットワーク・ノードを通過する（またはそのノードで終了）こと。

【0022】類推によると、2次コード・ワードは、自分の行きたい方向に行くのかどうかを自動車のドライバに尋ねるヒッチハイカーのようなものである。ドライバがその方向に行く場合、ヒッチハイカーは自動車に乗り込み、自分の行先に達するまでドライバと同乗する。ドライバがヒッチハイカーの行先まで行かない場合、ヒッ

チハイカーはドライバが行くところまで行って降り、ヒッチハイカーの行先により近いところまで移動させてくれる別の自動車を待つ。

【0023】図1に関連して、ノード18はノード24に1次コード・ワードを送信し、図4のヘッダ・コード・ワード44の場合と同様に、その1次コード・ワードはデータ・パケットのすべてのビット位置を使用するわけではないと想定する。さらに、ノード20はノード22にコード・ワードを送信する必要がある、そのコード・ワードはノード18によって送信された1次コード・ワードによって残された未使用空間に収まるものと想定する。データ・パケットがノード20に達すると、ノード20は、そのデータ・パケットがノード22を過ぎて移動し、ノード20が送信しようとしているコード・ワードを保持する余裕があることを認識する。したがって、ノード20はそのコード・ワードをパケット内に2次コード・ワードとして追加する。データ・パケットがノード22に達すると、ノード22は、そのデータ・パケットがノード22にアドレス指定された2次コード・ワードを含むことを認識し、そのデータ・パケットから2次コード・ワードを抽出する。次に、データ・パケットはノード24まで移動し、そこでノード24によって1次コード・ワードが抽出される。

【0024】本発明の新規の特徴の1つは、1次コード・ワードと2次コード・ワードの両方についてECCが生成され、検証される方法である。第1の実施形態では、1次コード・ワードについてECCが生成される際に、データ・パケット内の未使用ビット位置に対して事前定義ビット・パターン（すべて0など）を使用する。1次コード・ワードが宛先ノードで受信されると、宛先ノードは、1次コード・ワードのタイプに基づいてどのビットが未使用であるかを判定し、未使用ビットが実際に事前に定義されたビット・パターンを含まない場合でも事前定義ビット・パターンを使用してECCを検証する。この実施形態では、データ・パケットに関連するECCは1次コード・ワードのみを保護する。ECCで2次コード・ワードを保護することが必要な場合、データ・パケットの未使用ビット位置には2次コード・ワードを保護する個別のECCを含めなければならない。

【0025】第2の実施形態では、データ・パケットの未使用ビット位置に2次コード・ワードが追加されると、データ・パケットECCが再計算される。この実施形態では、データ・パケットに関連するECCは、1次コード・ワードおよび2次コード・ワードを含むパケット内のすべてのデータを保護する。

【0026】図6は、本発明の第1及び第2の実施形態によるパケット処理ユニット38のブロック図である。パケット処理ユニット38は、入力1次コード・ワード処理ユニット48と、出力コード・ワード処理ユニット50と、入力2次コード・ワード処理ユニット52とを

含む。入力1次コード・ワード処理ユニット48は、図2の転送レジスタ40からデータを受信するように配置された1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56と、1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56からデータを受信し、図2のネットワーク化装置34にデータを供給するように配置された1次コード・ワードECC検証ユニット54とを含む。同様に、入力2次コード・ワード処理ユニット52は、転送レジスタ40からデータを受信するように配置された2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58と、2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58からデータを受信し、ネットワーク化装置34または出力コード・ワード処理ユニット50のコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62のバッファ61にデータを供給するように配置された2次コード・ワードECC検証ユニット60とを含む。

【0027】出力コード・ワード処理ユニット50は、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62と、1次コード・ワードECC生成ユニット64と、2次コード・ワードECC生成ユニット66とを含む。コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62はバッファ61を含む。1次コード・ワードECC生成ユニット64は、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62からコード・ワードを受信し、ECCを含む1次コード・ワードを転送レジスタ40に供給するように配置されている。同様に、2次コード・ワードECC生成ユニット66は、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62からコード・ワードを受信し、2次コード・ワードを転送レジスタ40に供給するように配置されている。上記の第1の実施形態では、2次コード・ワードECC検証ユニット60は、2次コード・ワードのみを保護するECCも生成することができる。上記の第2の実施形態では、2次コード・ワードECC検証ユニット60は、追加した2次コード・ワードを含めるためにデータ・パケットに関連するデータ・パケットECCを再計算する。

【0028】コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、ネットワーク化装置34からデータを受信し、1次コード・ワードECC生成ユニット64および2次コード・ワードECC生成ユニット66にデータを供給するように配置されている。また、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、転送レジスタ40が1次コード・ワードを受け入れるのか、2次コード・ワードを受け入れるのか、または両方を受け入れるのかを判定するために転送レジスタ40を監視するようにも配置されている。

【0029】上記の例では、1次コード・ワードは図1のノード18からノード24に伝送され、2次コード・ワードは、1次コード・ワードと同じデータ・パケット

に2次コード・ワードを追加することによりノード20からノード22に伝送された。以下の説明では、本発明の第1の実施形態で上記の例を実現する方法を説明する。

【0030】ノード18が図4のヘッダ・コード・ワード44などのコード・ワードを送信しようとする際、ノード18のネットワーク化装置34は、パケット処理ユニット38の出力コード・ワード処理ユニット50のコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62にコード・ワードを伝送する。通常、プロトコルは、そのパケットがコード・ワードを含むかどうかを示すためにデータ・パケット内のフラグ（またはその他のメカニズム）を定義する。この説明のため、データ・パケットの第1のビットは「1次コード・ワードあり」フラグとして定義され、そのパケットが1次コード・ワードを含むことを示すためにセットされ、そのパケットが1次コード・ワードを含まないことを示すためにクリアされるものと想定する。さらに、データ・パケットのすべてのビット位置を使用しない1次コード・ワードをデータ・パケットが含む場合、第1の未使用ビットは「第1の2次コード・ワードあり」フラグとして定義され、そのパケットが第1の2次コード・ワードを含むことを示すためにセットされ、そのパケットが第1の2次コード・ワードを含まないことを示すためにクリアされるものと想定する。第2の2次コード・ワードがデータ・パケット内に存在する場合、1次コード・ワードおよび第1の2次コード・ワードが使用しない第1のビットは「第2の2次コード・ワードあり」フラグとして定義される。同様に、必要に応じて、追加の「n番目の2次コード・ワードあり」フラグを定義することができる。

【0031】コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、転送レジスタ40を監視し、その「1次コード・ワードあり」フラグがクリアになっているデータ・パケットを待つことにより、転送レジスタ40がコード・ワードを受け入れることができる時期を決定する。使用可能なデータ・パケットが識別されると、1次コード・ワードECC生成ユニット64はそのパケットを保護するECCを生成し、コード・ワードとECCは転送レジスタ40内のデータ・パケットに格納される。ただし、この実施形態では、1次コード・ワードが使用していないビット位置に対して固定ビット・パターン（すべて0など）を使用してECCが生成されることに留意されたい。

【0032】次のネットワーク・クロック・サイクルは、ノード18の転送レジスタ40の内容をノード20の転送レジスタ40に転送する。この例のノード20は、2次コード・ワードとして伝送可能なコード・ワード（ACKコード・ワードなど）を伝送しようとしている。このコード・ワードは、ネットワーク化装置34からコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユ

ユニット62に転送される。コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、転送レジスタ40を監視し、データ・パケット内で使用可能なすべてのビットを使用するわけではない1次コード・ワードを転送レジスタ40が含むことを検出する。この機能を実行するため、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、1次コード・ワードがデータ・パケット内のすべてのビットを使用するわけではないことを判定できなければならない。これは、ルックアップ・テーブルを使用して1次コード・ワードのタイプと1次コード・ワードが使用するビットの数とを突き合わせるか、データ・パケット内の事前定義ビット・パターンを使用して未使用ビットの数を示すか、または本発明を実施するネットワーク・アーキテクチャおよびプロトコルで使用するのに適した他の方法により、実行することができる。

【0033】コード・ワードを転送レジスタ40内のデータ・パケットに2次コード・ワードとして追加できるとコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62が判定した後、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、コード・ワードを2次コード・ワードECC生成ユニット66に転送する。2次コード・ワードECC生成ユニット66は、コード・ワードに基づいてECCを生成し、転送レジスタ40に格納されたパケット内にコード・ワードとECCを挿入する。

【0034】また、データ・パケットが転送レジスタ40で受信される前に1次コード・ワードECC生成ユニット64と2次コード・ワードECC生成ユニット66の両方がそれぞれのコード・ワード用のECCを生成することも、本発明における第1の実施形態の範囲内である。このような構成では、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は1次コード・ワードECC生成ユニット64および2次コード・ワードECC生成ユニット66と協同し、データ・パケットが到着する前にECCを生成する。データ・パケットが転送レジスタ40に到着すると、コード・ワードは事前に計算したECCとともに転送レジスタ40に転送できる状態になる。

【0035】図7は、本発明の第1の実施形態により1次コード・ワードおよび2次コード・ワードが転送レジスタ40に格納された後の転送レジスタ40の内容を示している。図7のヘッダ・コード・ワード44は1次コード・ワードであり、ビット位置0～39に格納され、ACKコード・ワード68は2次コード・ワードであり、ビット位置40～55に格納される。ACK ECC 70はビット位置56～61に格納され、ACKコード・ワード68（2次コード・ワード）を保護する。ヘッダECC 72はビット位置64～71に格納され、ヘッダ・コード・ワード44（1次コード・ワード）を保護

する。ビット位置62および63は未使用である。

【0036】次のネットワーク・クロック・サイクルでは、ノード20の転送レジスタ40の内容がノード22の転送レジスタ40に転送される。この例の場合では、ノード22は再びデータを送信せずに、転送レジスタ40内の2次コード・ワードがノード22にアドレス指定される。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は、転送レジスタ40に格納されたデータ・パケットを調べ、転送レジスタ40がノード22にアドレス指定された1次コード・ワードを含まないと判定する。2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58は、転送レジスタ40に格納されたデータ・パケットを調べ、転送レジスタ40が1次コード・ワードを含み、したがって、追加した2次コード・ワードも含む可能性があるかと判定する。次に2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58は、転送レジスタ40がノード22にアドレス指定された2次コード・ワードを含むと判定し、転送レジスタ40から2次コード・ワードを（2次ECCが存在する場合はその2次ECCとともに）抽出する。2次コード・ワードECC検証ユニット60は、2次ECCに基づいて2次コード・ワードの完全性を検証し、2次コード・ワードをネットワーク化装置34に送信する。

【0037】次のネットワーク・クロック・サイクルでは、ノード24の転送レジスタ40にデータ・パケットが転送される。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は、転送レジスタ40内のパケットがノード24にアドレス指定された1次コード・ワードを含むと判定する。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は1次コード・ワードとデータ・パケットECCとを抽出する。1次コード・ワードECC検証ユニット54は、1次コード・ワードと1次コード・ワードが使用しないビット位置用の固定ビット・パターン（すべて0など）に基づいてECCを計算し、計算したECCと転送レジスタ40から取り出したデータ・パケットECCとを比較することにより、1次コード・ワードの完全性を検証する。その後、1次コード・ワードがネットワーク化装置34に伝送される。

【0038】上記の説明では、本発明の第1の実施形態を例として説明してきた。以下の説明では、図6の様々なユニットによって実行される機能を説明するいくつかのフローチャートにより、本発明の第1の実施形態を説明する。

【0039】図8は、図6に示す1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56によって実行される機能のフローチャート74である。ブロック76は、データ・パケットを転送レジスタ40に転送するために次のネットワーク・クロック・サイクルを待つ。データ・パケットが到着した後、判断ブロック78は、「1次コード・ワードあり」フラグと1次コード・ワード（存在

する場合)の宛先アドレスを調べることにより、転送レジスタ40がこのノードにアドレス指定された1次コード・ワードを含むかどうかを判定する。転送レジスタ40がアドレス指定された1次コード・ワードを含まない場合、「NO」分岐を取ってブロック76に戻る。転送レジスタ40がアドレス指定された1次コード・ワードを含む場合、「YES」分岐を取ってブロック80に移行する。

【0040】ブロック80は、転送レジスタ40から1次コード・ワードとデータ・パケットECCを抽出し、「1次コード・ワードあり」フラグをクリアし、ブロック82に制御を渡す。ブロック82は、1次コード・ワードとデータ・パケットECCを1次コード・ワードECC検証ユニット54に伝送し、ブロック76に制御を戻す。

【0041】図9は、図6に示す1次コード・ワードECC検証ユニット54によって実行される機能のフローチャート84である。ブロック86では、1次コード・ワード検証ユニット54が1次コード・ワードとデータ・パケットECCを1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56から受信する。ブロック88では、1次コード・ワードと1次コード・ワードが使用しないデータ・パケット内におけるすべてのビット用の事前定義ビット・パターンとを使用してECCを計算し、計算したECCとデータ・パケットECCとを比較することにより、1次コード・ワードの完全性が検証される。次に、制御が判断ブロック90に渡り、そこでデータ・パケット内の1次コード・ワードが有効であるかどうか判定される。

【0042】データ・パケット内の1次コード・ワードが有効である場合、「YES」分岐を取ってブロック92に移行し、そこで1次コード・ワードがネットワーク化装置34に転送され、制御がブロック86に戻される。データ・パケット内の1次コード・ワードが無効である場合、「NO」分岐を取ってブロック94に移行する。ブロック94は、データ・パケットの伝送を要求すること、誤りが発生したことをネットワーク化装置34に通知すること、その他の当技術分野で既知の応答など、無効1次コード・ワードに適したアクションを取る。誤りがデータ・パケットECCに基づいて訂正可能なタイプである場合、ブロック94は、誤りを訂正し、訂正した1次コード・ワードをネットワーク化装置34に伝送することもできる。次にブロック94は制御をブロック86に戻す。

【0043】図10は、図6に示す2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58によって実行される機能のフローチャート96である。ブロック98は、データ・パケットを転送レジスタ40に転送するために次のネットワーク・クロック・サイクルを待つ。データ・パケットが到着した後、判断ブロック100は、1つ

または複数の2次コード・ワードを追加することができる1次コード・ワードを転送レジスタ40が含むかどうかを判定する。2次コード・ワードを追加することができる1次コード・ワードを含まない場合、「NO」分岐を取ってブロック98に戻る。2次コード・ワードを追加することができる1次コード・ワードを含む場合、「YES」分岐を取って判断ブロック102に移行する。

【0044】判断ブロック102は、「2次コード・ワードあり」フラグと第1の2次コード・ワード(存在する場合)の宛先アドレスを調べることにより、転送レジスタ40がこのノードにおいてデータ・パケットから抽出すべき1つまたは複数の2次コード・ワードを含むかどうかを判定する。2次コード・ワードがまったく存在しない場合、「NO」分岐を取ってブロック98に戻る。2次コード・ワードが存在する場合、「YES」分岐を取ってブロック104に移行する。

【0045】ただし、1次コード・ワードがこのノードにアドレス指定されているが、2次コード・ワードがさらに移動しなければならないことを2次コード・ワードのアドレスが示す場合、後続の1次コード・ワードに追加できるように2次コード・ワードを抽出しなければならないことに留意されたい。多少異なる構成については以下に詳述するが、この構成では、2次コード・ワードがそのノードにアドレス指定されていない場合、その2次コード・ワードを各ノードで必ず除去し、それを出力コード・ワード処理ユニット50に伝送することが望ましい場合もある。

【0046】ブロック104は、2次コード・ワードと2次ECC(設けられている場合)を転送レジスタ40から抽出し、「2次コード・ワードあり」フラグをクリアし、ブロック106に制御を渡す。ただし、2次ECCを含まずに2次コード・ワードを有する2次パケットを伝送することは本発明の範囲内であることに留意されたい。2次パケットとして送信できる非重要データの量を最大限にすることが望ましい状況では、2次ECCを伝送しない方が有利である可能性がある。ブロック106は、2次コード・ワードと2次ECCを2次コード・ワードECC検証ユニット60に伝送し、制御をブロック102に戻す。

【0047】次にブロック102は、第2の2次コード・ワードを探す。見つかった場合、ブロック104および106が繰り返され、ブロック102が第3の2次コード・ワードを探す。このプロセスは、このノードで抽出すべき2次パケットをそのパケットがまったく含まなくなるまで繰り返し、その時点で「NO」分岐を取ってブロック98に移行する。

【0048】ただし、第1の2次コード・ワードが転送レジスタ40から抽出されたが、他の2次コード・ワードがそのまま転送レジスタ40内に存在し、このノードで抽出されない場合、転送レジスタ40に2つまたはそ

れ以上の未使用空間域が存在する可能性があることに留意されたい。したがって、残りの2次コード・ワードをバックし直して単一の未使用空間域を提供することが望ましい場合もある。上記の「n番目の2次コード・ワードあり」フラグの定義を保存するためにも、バックし直すことが必要になる場合もある。

【0049】図11は、図6に示す2次コード・ワードECC検証ユニット60によって実行される機能のフローチャート108である。2次ECCなしで本発明を実施する場合、2次コード・ワードは、図11に示す機能を実行せずにネットワーク化装置34またはバッファ61に直接供給されることになる。

【0050】ブロック110では、ユニット60が2次コード・ワードと2次ECCをユニット58から受信する。ブロック112では、2次コード・ワードに基づいてECCを計算し、計算したECCと2次ECCとを比較することにより、2次コード・ワードの完全性が検証される。次に、制御が判断ブロック114に渡り、そこでデータ・パケット内の2次コード・ワードが有効であるかどうか判定される。

【0051】データ・パケット内の2次コード・ワードが有効である場合、「YES」分岐を取ってブロック116に移行し、そこで2次コード・ワードがこのノードにアドレス指定されている場合はネットワーク化装置34に、2次コード・ワードがこのノードにアドレス指定されていない場合はバッファ61に、2次コード・ワードが転送される。次に、制御がブロック110に戻される。

【0052】データ・パケット内の2次コード・ワードが無効である場合、「NO」分岐を取ってブロック118に移行する。ブロック118は、データ・パケットの伝送を要求すること、誤りが発生したことをネットワーク化装置34に通知すること、その他の当技術分野で既知の応答など、無効2次コード・ワードに適したアクションを取る。誤りがデータ・パケットECCに基づいて訂正可能なタイプである場合、ブロック118は、誤りを訂正し、訂正した2次コード・ワードを装置34に伝送することもできる。次にブロック118は制御をブロック110に戻す。

【0053】図12～図14は、ひとまとめになって、図6の出力コード・ワード処理ユニット50によって実行される機能のフローチャート120を示している。フローチャート120の説明を簡単にするため、入力1次コード・ワード処理ユニット48および入力2次コード・ワード処理ユニット52がそれぞれの機能をまず実行したものと想定する。したがって、このノードで抽出すべきコード・ワードを転送レジスタ40が含む場合、それは除去され、出力コード・ワード処理ユニット50は転送レジスタ40が同じタイプ（1次または2次）の別のコード・ワードを受け入れられることを検出する。こ

のように想定することにより、ノードは、転送レジスタ40がコード・ワードを含むかどうかを判定するだけで、同じネットワーク・クロック・サイクル中に1次コード・ワードを有する1次パケットと2次パケットの両方を受信することができる。当業者であれば、図8～図14に示す個々のフローチャートを結合し、より同時性を高めて単一ネットワーク・クロック・サイクル中にコード・ワードを受信できる単一フローチャートにするよう、ここに開示した教示を改造できるだろう。

【0054】図14のブロック122は、ネットワーク化装置34と、入力2次コード・ワード処理ユニット52の2次コード・ワードECC検証ユニット60からコード・ワードを受信し、それをコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62のバッファ61に格納する個別の構成要素である。上記のように、2次コード・ワードがこのノードで抽出されたが、このノードにアドレス指定されていない場合、2次コード・ワードECC検証ユニット60からコード・ワードを受信することができる。

【0055】ブロック124は、データ・パケットを転送レジスタ40に転送するために次のネットワーク・クロック・サイクルを待つ。次のデータ・パケットが転送レジスタ40に到着すると、判断ブロック126に制御が渡される。判断ブロック126は、転送レジスタ40が1次コード・ワードを含むかどうかを判定する。転送レジスタ40が1次コード・ワードを含む場合、「YES」分岐を取って判断ブロック134に移行する。転送レジスタ40が1次コード・ワードを含まない場合、「NO」分岐を取って判断ブロック130に移行する。ブロック130は、1次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードをコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62のバッファ61が含むかどうかを判定する。本発明を実施する場合、所与のコード・ワードを1次コード・ワードまたは2次コード・ワードとして伝送することが望ましい可能性がある。一般に、2次コード・ワードは、1次コード・ワードに追加せずに伝送されないものと思われる。したがって、転送レジスタ40が空であり、バッファ内の唯一のコード・ワードが2次コード・ワードとして伝送可能なコード・ワードである場合、そのコード・ワードを1次コード・ワードとして伝送することが望ましい場合もある。これに対して、所与のコード・ワードを1次コード・ワードとして伝送できず、次のネットワーク・クロック・サイクル中に1次パケットを伝送するために次のノードに使用可能なデータ・パケットが残ることが望ましい可能性がある。

【0056】バッファ61が1次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードを含まない場合、「NO」分岐を取ってブロック124に移行し、1次コード・ワードは伝送されない。バッファ61が1次コー

ド・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードを含む場合、「YES」分岐を取ってブロック132に移行する。ブロック132は、バッファ61からコード・ワードを取り出し、1次コード・ワードと1次コード・ワードが使用しないデータ・ビット用の事前定義ビット・パターン（すべて0など）に基づいてデータ・パケット用のECCを計算し、取り出したコード・ワードを1次コード・ワードとして転送レジスタ40に格納し、計算したECCをデータ・パケットECC用に予約した転送レジスタ40のビット位置に格納し、「1次コード・ワードあり」フラグをセットする。

【0057】この時点で、制御は判断ブロック134に渡される。ブロック134に達するのは転送レジスタ40が1次パケットを含む場合である。1次パケットがこのノードからのものである場合、ブロック132からブロック134に達する。パケットが別のノードからのものである場合、126の「YES」分岐からブロック134に達する。前述のように、判断ブロック126および134が最初に実行される前に、このノードにアドレス指定されたコード・ワードは除去されているはずである。

【0058】判断ブロック134は、転送レジスタ40に格納されたデータ・パケット上に2次コード・ワードを追加する余裕があるかどうかを判定する。前述のように、1次コード・ワードがデータ内容コード・ワードである場合、パケット内には2次コード・ワード用の余裕がない可能性がある。パケット内の1次コード・ワードがヘッダ・コード・ワードである場合、2次コード・ワードを追加する余裕がある可能性がある。コード・ワード内に余裕がない場合、「NO」分岐を取ってブロック124に戻る。コード・ワード内に余裕がある場合、「YES」分岐を取って判断ブロック136に移行する。

【0059】ブロック136は、2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードをコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62内のバッファが含むかどうかを判定する。プロトコルによっては、サイズに基づいてコード・ワードのサブクラスを定義することが可能な場合もある。たとえば、8ビット・コード・ワードと、16ビット・コード・ワードと、40ビット・コード・ワードと、50ビット・コード・ワードを定義するプロトコルについて検討する。転送レジスタ40（64ビット幅である）が1次コード・ワードとして格納された50ビット・コード・ワードを含む場合、転送レジスタ40は、16ビット・コード・ワードではなく、8ビット・コード・ワードを2次コード・ワードとして受け入れることができる。転送レジスタ40が40ビット・コード・ワードを含む場合、8ビットまたは16ビットいずれかのコード・ワードを2次コード・ワードとして転送レジスタ40に格納することがで

きる。さらに、2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードの場合、データ・パケットが1次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードに経路指定された際にデータ・パケットが移動する経路は、2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードも通過（またはそのノードで終了）するか、または2次コード・ワードによってアドレス指定されたネットワーク・ノードへ2次コード・ワードを中継できるネットワーク・ノードを通過（またはそのノードで終了）する経路である。

【0060】2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードをバッファ61が含まない場合、「NO」分岐を取ってブロック124に移行する。2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードをバッファ61が含む場合、「YES」分岐を取ってブロック138に移行する。ブロック138は、バッファ61からコード・ワードを取り出し、取り出したコード・ワードに基づいて2次コード・ワード用のECCを計算し、取り出したコード・ワードを2次コード・ワードとして転送レジスタ40に格納し、計算した2次コード・ワード用のECCを2次ECCとして転送レジスタ40に格納し、「2次コード・ワードあり」フラグをセットする。次に、制御は判断ブロック134に戻され、そこで転送レジスタ40が第2の2次パケットを受け入れられるかどうかを判定する。このプロセスは、2次パケットとしてバッファ61に格納されたパケットを受け入れる余裕が転送レジスタ40内にまったくなくなるまで繰り返される。

【0061】図12～図14に示すフローチャートのブロック138は2次コード・ワードECC生成ユニット66によって実施され、ブロック132は1次コード・ワードECC生成ユニット64によって実施され、他のブロックはコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62によって実施される。

【0062】上記の説明は本発明の第1の実施形態を説明するものである。第1の実施形態では、1次コード・ワードが使用しないデータ・パケットにおけるすべてのビット用の事前定義ビット・パターンを使用することにより、データ・パケットに関連するECCが計算される。したがって、データ・パケットに関するECCは、1次コード・ワードがデータ・パケットに格納される場合にのみ計算される。本発明の第2の実施形態では、2次コード・ワードがデータ・パケットに格納される際にデータ・パケット全体用のECCが再計算される。

【0063】本発明の第2の実施形態により、1次コード・ワードは図1のノード18からノード24に伝送され、2次コード・ワードは1次コード・ワードと同じデータ・パケットに2次コード・ワードを追加することによりノード20からノード22に伝送されるものと想定する。ノード18が図4のヘッダ・コード・ワード44

などのコード・ワードを送ろうとしている場合、ノード18のネットワーク化装置34は、パケット処理ユニット38の出力コード・ワード処理ユニット50のコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62にコード・ワードを伝送する。コード・ワードはコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62のバッファ61に格納される。コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は転送レジスタ40を監視し、その「1次コード・ワードあり」フラグがクリアされたデータ・パケットを待つことにより、転送レジスタ40がコード・ワードを受け入れることができる時期を決定する。使用可能なデータ・パケットが識別されると、1次コード・ワードECC生成ユニット64はデータ・パケット内のすべてのビット位置を保護するECCを生成し、コード・ワードと生成されたECCは転送レジスタ40内のデータ・パケットに格納される。

【0064】次のネットワーク・クロック・サイクルは、ノード18の転送レジスタ40の内容をノード20の転送レジスタ40に転送する。ノード20は、2次コード・ワードとして伝送可能なコード・ワード（ACKコード・ワードなど）を伝送しようとしている。このコード・ワードは、ネットワーク化装置34からコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62のバッファ61に転送される。コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、転送レジスタ40を監視し、データ・パケット内で使用可能なすべてのビットを使用するわけではない1次コードを転送レジスタ40が含み、2次コード・ワードを含まないことを検出する。コード・ワードを転送レジスタ40内のデータ・パケットに2次コード・ワードとして追加できるとコード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62が判定した後、コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット62は、コード・ワードを2次コード・ワードECC生成ユニット66に転送する。

【0065】2次コード・ワードを転送レジスタ40に追加すると、データ・パケットにおいて一部のビット位置の値がいくらか変化するので、2次コード・ワードECC生成ユニット66はデータ・パケット全体用のECCを再計算し、再計算したECCを転送レジスタ40に格納し、それにより、1次コード・ワードおよび2次コード・ワードの両方を保護する。しかし、古いECCが失われる前に、2次コード・ワードECC生成ユニット66は、古いECCに基づいて転送レジスタ40の内容を（ノード20に到着した内容として）検証し、データ・パケットが転送レジスタ40に到着する前に破損していないことを保証する。

【0066】2次コード・ワード内のデータ・ビットの1つが「2次コード・ワードあり」フラグとして使用さ

れる場合、そのビットが実際に転送レジスタ40にセットされる場合でも、このビットがクリアされたECCを再計算する方が有利である可能性がある。このようにしてECCを計算することにより、以下に詳述するように、後でECCの再計算が必要になるのを回避することが可能になるだろう。

【0067】図15は、本発明の第2の実施形態により1次コード・ワードおよび2次コード・ワードと再計算されたECCが転送レジスタ40に格納された後の転送レジスタ40の内容を示している。図7の場合のように、ヘッダ・コード・ワード44は1次コード・ワードであり、ビット位置0～39に格納され、ACKコード・ワード68は2次コード・ワードであり、ビット位置40～55に格納される。しかし、本発明の第1の実施形態は1次ECCおよび2次ECCに備えるものであるが、本発明の第2の実施形態は、ビット位置64～71に格納された単一のECC144を使用する。ECC144は1次コード・ワードとすべての2次コード・ワードを保護する。

【0068】次のネットワーク・クロック・サイクルでは、ノード20の転送レジスタ40の内容がノード22の転送レジスタ40に転送される。ノード22はデータを送信せず、転送レジスタ40内の2次コード・ワードはノード22にアドレス指定される。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は、転送レジスタ40に格納されたデータ・パケットを調べ、転送レジスタ40がノード22にアドレス指定された1次コード・ワードを含まないと判定する。2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58は、転送レジスタ40に格納されたデータ・パケットを調べ、転送レジスタ40が1次コード・ワードを含み、したがって、追加した2次コード・ワードも含む可能性があるかと判定する。次にユニット58は、転送レジスタ40がノード22にアドレス指定された2次コード・ワードを含むと判定し、転送レジスタ40からデータ・パケットを抽出する。2次コード・ワードECC検証ユニット60は、データ・パケット全体用のECCを計算し、計算したECCと転送レジスタ40から取り出したECCとを比較することにより、2次コード・ワードの完全性を検証する。次に2次コード・ワードECC検証ユニット60は、2次コード・ワードをネットワーク化装置34に送信する。

【0069】ノード22が少なくとも1つの2次コード・ワードも送信する場合、1次コード・ワードとすべての2次コード・ワードの両方を保護するようにECC144が再計算される。しかし、ノード22が2次コード・ワードを送信しない場合、「2次コード・ワードあり」フラグをクリアして、データ・パケットが他の2次コード・ワードを受け入れられることを示すことが必要である。ECCはフラグがクリアされた状態で生成され

たので、ECCは依然として1次コード・ワードを保護する。ただし、2次コード・ワードを格納するために使用するビット位置の値は変更されない。当然のことながら、2次コード・ワードが除去された際にすべてのビット位置をクリアし、ECCを再計算することも可能であり、その場合、2次コード・ワードがノード20で最初に1次コード・ワードに追加された際に「2次コード・ワードあり」フラグをクリアした状態でECCを計算する必要はなかったはずである。

【0070】次のネットワーク・クロック・サイクルでは、ノード24の転送レジスタ40にデータ・パケットが転送される。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は、転送レジスタ40内のパケットがノード24にアドレス指定された1次コード・ワードを含むと判定する。1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56は1次コード・ワードとECC144とを抽出し、1次コード・ワードECC検証ユニット54は、データ・パケットにおけるすべてのビット位置用のECCを計算し、計算したECCと転送レジスタ40から取り出したECCとを比較することにより、1次コード・ワードの完全性を検証する。その後、1次コード・ワードがネットワーク化装置24に伝送される。

【0071】1次コード・ワードと2次コード・ワードの両方とともにデータ・パケットがノード24に到着し、「2次コード・ワードあり」フラグがクリアされたという想定でECCが生成された場合、2次コード・ワードを最初に分析し、次に「2次コード・ワードあり」フラグをクリアするように2次パケット・アドレス・デコード・ユニット58を構成することができる。したがって、1次コード・ワードECC検証ユニット54がECCを処理する場合、それはデータ・パケットの内容に対応することになる。2次パケットはそれが追加される1次パケットより先に移動できないので、2次パケットを先に処理することにより、1次パケットが処理された際に必ず「2次コード・ワードあり」フラグがクリアされる。当然のことながら、1次パケットと2次パケットの両方が同じノードにアドレス指定され、その場合にデータ・パケットを1回だけ検証すればよい時期を認識する論理を追加することも当業者にとっては可能であると思われる。

【0072】本発明の第1の実施形態については、図8～図14に示すフローチャートに関連して説明してきた。第1の実施形態と第2の実施形態との主な違いはECCを使用してコード・ワードを保護する方法なので、図8～図14に関連し、2つの実施形態の違いを指摘することにより、第2の実施形態についても説明する。

【0073】前述のように、第2の実施形態では、2次パケットを先に抽出し、次に1次パケットを抽出することが望ましい場合もある。図10のフローチャート96

は、本発明の第1の実施形態について2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58によって実行される機能を示している。第2の実施形態に応じて機能するようにフローチャート96を適合させるためには、ブロック104は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを転送レジスタ40から抽出しなければならない。ブロック104は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを2次コード・ワードECC検証ユニット60に伝送しなければならない。

【0074】図11のフローチャート108は、本発明の第1の実施形態について2次コード・ワードECC検証ユニット60によって実行される機能を示している。第2の実施形態に応じて機能するようにフローチャート108を適合させるためには、ブロック110は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを図10のブロック106の2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット58から受信しなければならない。ブロック112は、データ・パケット全体用のECCを計算し、計算したECCとデータ・パケットECCとを比較することにより、2次コード・ワードの完全性の有効性を確認しなければならない。上記のように、「2次コード・ワードあり」フラグをクリアした状態でデータ・パケットECCを計算することが望ましい場合もある。

【0075】図8のフローチャート74は、本発明の第1の実施形態について1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット56によって実行される機能を示している。第2の実施形態に応じて機能するようにフローチャート74を適合させるためには、ブロック80は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを転送レジスタ40から抽出しなければならない。ブロック82は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを1次コード・ワードECC検証ユニット54に伝送しなければならない。

【0076】図9のフローチャート84は、本発明の第1の実施形態について1次コード・ワードECC検証ユニット54によって実行される機能を示している。第2の実施形態に応じて機能するようにフローチャート84を適合させるためには、ブロック86は完全なデータ・パケットとデータ・パケットECCを図8のブロック82から受信しなければならない。ブロック88は、データ・パケット全体用のECCを計算し、計算したECCとデータ・パケットECCとを比較することにより、1次コード・ワードの完全性の有効性を確認しなければならない。1次コード・ワードが使用しないビット位置用のECCを計算するために事前定義ビット・パターンを使用する第1の実施形態とは対照的に、第2の実施形態ではデータ・パケットからのすべてのビットを使用してECCが計算される。

【0077】図12～図14のフローチャート120は、図6の出力コード・ワード処理ユニット50によ

て実行される機能を示している。第2の実施形態に応じて機能するようにフローチャート120を適合させるためには、ブロック138は、1次コード・ワードとすべての2次コード・ワードに基づいてデータ・パケット全体用のECCを再計算し、再計算したECCを転送レジスタ40に格納するように変更しなければならない。前述のように、すべての「2次コード・ワードあり」フラグをクリアした状態でECCを計算することが望ましい場合もある。さらに、ECCを再計算する前に、古いECCを検証し、1次コード・ワード内の誤りが再計算したECCによって「隠される」ことがないことを保証しなければならない。

【0078】図6および図8～図14に示すフローチャートでは、コード・ワードを検証する前に、コード・ワード・アドレスをデコードし、コード・ワードが特定のノードにアドレス指定されているかどうかを判定する機能が実行される。当業者であれば、まずコード・ワードの完全性を検証し、そこに含まれるアドレスが破損していないことを保証することが有利な場合もあることが分かるだろう。

【0079】主にSECDEDハミング・コードなどのECCに関連して本発明を説明してきたが、当業者であれば、パリティ・コードまたはその他の適切なエラー検出または訂正コードなど、データの完全性を保護する他のコードとともに本発明を使用できることが分かるだろう。

【0080】上記の例では、2次コード・ワードが1次コード・ワード上に追加されている。しかし、本発明は、単一の2次コード・ワードを追加することに限定されない。1つのパケットがすでに1次コード・ワードと2次コード・ワードを含むが、他の2次コード・ワードを受け入れるだけの十分な未使用ビット位置も含む場合、ここに開示した教示を使用して、1次コード・ワードと（第1の）2次コード・ワード上に第2の2次コード・ワードを追加することができる。1つのデータ・パケット上に追加することができる2次コード・ワードの数を制限する主な要因は、そのパケット内の未使用ビット位置の数である。

【0081】特定のノードにアドレス指定されていない2次コード・ワードを抽出することがそのノードにとって望ましいかどうかは、いくつかの要因によって決まる。第1に、2次コード・ワードによってアドレス指定されていないノードで2次コード・ワードを抽出することは、トポロジに基づいて必要になる場合もある。たとえば、複数の衛星ノードが1つの中央ノードを介して通信するスター・トポロジでは、第1の衛星が中央ノードに第2のコード・ワードを伝送し、次に中央ノードが2次コード・ワードによってアドレス指定されたノード上に2次コード・ワードを中継するだろう。

【0082】第2に、1次パケットによってアドレス指

定されたノードにデータ・パケットが達した場合、その宛先より前に2次コード・ワードを抽出することが必要になる場合もある。第3に、1次コード・ワードが破損しているが、2次コード・ワードは破損していない場合、2次コード・ワードを早めに抽出し、2次コード・ワードを再伝送することが望ましい場合もある。最後に、各ノードで2次コード・ワードを抽出し、受信または再伝送することが望ましい場合もある。2次コード・ワードを継続的に受信し、ノードにアドレス指定されていないコード・ワードをバッファ61（図6に示す）に入れることにより、より高レベルのスケジューリング効率とデータ・パケットでのパッキングを達成することが可能である。また、2次コード・ワードを抽出し、スケジュール変更すると、様々なタイプのコード・ワードに優先順位を割り当てる機会も得られ、それにより、優先順位が高いコード・ワードを先に伝送することができ、優先順位が低いコード・ワードは未使用パケット空間が許す限り最終的な宛先の近くに移動できるようになる。

【0083】本発明の各実施形態には固有の利点がある。第1の実施形態では、1次コード・ワードを保護するECCを再計算する必要はない。したがって、第1の実施形態の実施態様は第2の実施形態の実施態様より高速でなければならない。さらに、データ・パケットが到着する前に2次ECCを計算することは本発明の範囲内である。したがって、2次パケット用の余裕があるデータ・パケットが転送レジスタ40に到着すると、2次コード・ワードと2次ECCは直ちに転送レジスタ40に格納することができる。対照的に、本発明の第2の実施形態では、古いECCを検証し、新しいECCを計算して転送レジスタ40に格納しなければならない。これはいずれも、データ・パケットが転送レジスタ40に到着するまで発生しない。したがって、第2の実施形態では、ネットワーク・クロック・サイクルはこれらの機能を実行できるだけの十分な低速でなければならない、あるいは追加のレジスタ・ステージを追加し、それにより、待ち時間を増加しなければならない。

【0084】本発明の第2の実施形態の主な利点は、空間効率が低いことである。データ・パケットECCは1次コード・ワードと2次コード・ワードの両方を保護するので、2次ECCを設けることは不要である。したがって、第1の実施形態で2次ECCが使用されると思われるビット位置は、第2の実施形態の1次コード・ワードまたは2次コード・ワードのいずれかが使用することができる。

【0085】本発明はネットワーク化システムで実施できるが、マルチプロセッサ・コンピュータ・システムで使用する特に有利である。このようなシステムでは、ネットワーク・プロトコルはそのコンピュータ・システム向けに具体的に設計される傾向があり、したがって、そのプロトコルのフレームワーク内の1次および2次コ

ード・ワード・タイプを定義すると都合がよい。さらに、マルチプロセッサ・コンピュータ・システムでは、一定のデータ・ストリームがプロセッサ間を流れ、それが2次コード・ワードを1次コード・ワード上に追加する多くの機会をもたらす。本発明により2次コード・ワードの伝送を可能にするマルチプロセッサ・プロトコルでは、ヘッダ・コード・ワードおよびデータ内容コード・ワードが1次コード・ワードとして移動し、ACKコード・ワードが2次コード・ワードとして移動する。すべてのヘッダ・コード・ワードの結果として、結局、ACKコード・ワードが得られるので、その上に2次コード・ワードを追加することができる1次コード・ワードの数と2次コード・ワードの数が適切に一致する傾向がある。

【0086】図16は、プロセッサ148、150、152、154、156、158、160、162、164、166、168、170、172、174、176、178の16個のプロセッサを有するメッシュ・コンピュータ・システム146を示している。各プロセッサは、2ウェイ・ネットワーク・セグメントによって隣接プロセッサにリンクされている。本発明によれば、プロセッサ158がプロセッサ170に1次パケットを送信し、1次パケットがプロセッサ160および162を介して経路指定される場合、プロセッサ160は2次パケットをプロセッサ170に送信することができる。当然のことながら、メッシュ・コンピュータ・システム146における本発明の実施形態は、図1のネットワーク化システム10より複雑なものになる。たとえば、2次パケットを送信するノードは1次パケットの経路を決定できなければならない。しかし、当業者であれば、ここに開示した教示をメッシュ・コンピュータ・システム146などのより複雑なシステムに適合させることができるだろう。

【0087】要約すると、本発明は、従来浪費されていた空間を使用することにより、ネットワーク帯域幅を増大する。従来技術では、各コード・ワードが個別のデータ・パケットで移動していた。本発明によれば、2次コード・ワードとして追加することができる各コード・ワードは、他のデータを伝達するためにパケットを解放する。第1の実施形態では、1次コード・ワードを保護するECCは2次コード・ワードによって妨害されず、それにより1次コード・ワード上に2次コード・ワードを追加する際に費やす時間が最小限になる。本発明の第2の実施形態では、データ・パケットECCが1次コード・ワードと2次コード・ワードの両方を保護し、それが2次ECCの必要性を解消し、それにより、1次および2次コード・ワードに使用可能なデータ・パケット内の空間が最大限になる。

【0088】好ましい実施形態に関連して本発明を説明してきたが、当業者であれば、本発明の精神および範囲

を逸脱せずに形式および細部の変更が可能であることが分かるだろう。

【0089】以下に本発明の実施の形態を要約する。

【0090】1. パケットベースの通信システム内のノード間でデータを伝送する方法において、第1のノードにおいてデータ・パケット内の1次コード・ワードが前記データ・パケットによって供給されるすべてのビット位置を使用するわけではないことを認識すること、前記第1のノードにおいて第2のノードにアドレス指定され、2次コード・ワードとして伝送するのに好適なコード・ワードを識別すること、前記第1のノードにおいて前記1次コード・ワードが使用しない前記データ・パケットのビット位置に2次コード・ワードとして前記コード・ワードを格納すること、前記データ・パケットを前記第2のノードに伝送すること、前記第2のノードにおいて前記データ・パケットに含まれる前記2次コード・ワードが前記第2のノードにアドレス指定されることを認識すること、前記第2のノードにおいて前記データ・パケットから前記2次コード・ワードを抽出することを含むデータ伝送方法。

【0091】2. 第3のノードにおいて前記データ・パケットが前記1次コード・ワードを受け入れられることを認識すること、前記第3のノードにおいて前記1次コード・ワードを前記データ・パケットに格納すること、前記データ・パケットを前記第1のノードに伝送することをさらに含む上記1に記載のデータ伝送方法。

【0092】3. 前記第3のノードにおいて前記1次コード・ワードに基づいて1次誤り訂正コードを計算すること、前記第3のノードにおいて前記1次誤り訂正コードを前記データ・パケットに格納することをさらに含む上記2に記載のデータ伝送方法。

【0093】4. 前記第3のノードにおいて前記1次コード・ワードに基づいて1次誤り訂正コードを計算することが、前記1次コード・ワードと前記1次コード・ワードによって占有されないデータ・パケットのビット位置用の固定ビット・パターンとを使用して前記1次誤り訂正コードを計算することを含む上記3に記載のデータ伝送方法。

【0094】5. 前記データ・パケットを第4のノードに伝送すること、前記第4のノードにおいて前記データ・パケットに含まれる前記1次コード・ワードが第4のノードにアドレス指定されることを認識すること、前記第4のノードにおいて前記1次コード・ワードと前記1次誤り訂正コードを抽出すること、前記1次コード・ワードと前記固定ビット・パターンとに基づいて計算される誤り訂正コードを計算し、前記計算した誤り訂正コードと前記1次誤り訂正コードとを比較することにより、前記1次コード・ワードの有効性を確認することを含む上記4に記載のデータ伝送方法。

【0095】6. 前記第1のノードにおいて前記1次

コード・ワードおよび2次コード・ワードに基づいて結合誤り訂正コードを計算すること、前記第1のノードにおいて前記データ・パケット内の前記誤り訂正コードを前記結合誤り訂正コードで置き換えることをさらに含む上記3に記載のデータ伝送方法。

【0096】7. 前記データ・パケットの内容に基づいて計算される誤り訂正コードを計算し、前記計算した誤り訂正コードと前記データ・パケットに格納された前記誤り訂正コードとを比較することにより、前記第1のノードにおいて前記1次コード・ワードを検証することをさらに含む上記6に記載のデータ伝送方法。

【0097】8. 前記データ・パケットの内容に基づいて計算される誤り訂正コードを計算し、前記計算した誤り訂正コードと前記データ・パケットに格納された前記誤り訂正コードとを比較することにより、前記第2のノードにおいて前記2次コード・ワードを検証することをさらに含む上記6に記載のデータ伝送方法。

【0098】9. 前記データ・パケットの内容に基づいて計算される誤り訂正コードを計算し、前記計算した誤り訂正コードと前記データ・パケットに格納された前記誤り訂正コードとを比較することにより、前記第4のノードにおいて前記1次コード・ワードを検証することをさらに含む上記6に記載のデータ伝送方法。

【0099】10. 前記第1のノードにおいて前記2次コード・ワードに基づいて2次誤り訂正コードを計算すること、前記第1のノードにおいて前記2次誤り訂正コードを前記データ・パケットに格納すること、前記第2のノードにおいて前記2次誤り訂正コードを抽出すること、前記2次コード・ワードに基づいて計算される誤り訂正コードを計算し、前記計算した誤り訂正コードと前記1次誤り訂正コードとを比較することにより、前記2次コード・ワードの有効性を確認することをさらに含む上記1に記載のデータ伝送方法。

【0100】11. 前記データ・パケットが前記1次コード・ワードによってアドレス指定されたノードに経路指定された際に前記データ・パケットが移動する経路が前記第2のノードを通過するかまたは前記第2のノードで終了する場合、前記第2のノードにアドレス指定されたコード・ワードが2次コード・ワードとして伝送するのに好適なことを特徴とする上記1に記載のデータ伝送方法。

【0101】12. 前記データ・パケットが前記1次コード・ワードによってアドレス指定されたノードに経路指定された際に前記データ・パケットが移動する経路が前記第2のノードに前記コード・ワードを中継できるノードを通過するかまたはそのノードで終了する場合、前記第2のノードにアドレス指定されたコード・ワードが2次コード・ワードとして伝送するのに好適なことを特徴とする上記1に記載のデータ伝送方法。

【0102】13. ネットワーク化装置と、前記ネッ

トワーク化装置に結合されたネットワーク・インタフェースとを備え、前記ネットワーク・インタフェースが、データ・パケットを保持し、ネットワーク媒体に結合された転送メモリ領域と、前記転送メモリ領域と前記ネットワーク化装置に結合され、ネットワーク・ノードにアドレス指定された1次コード・ワードを前記転送メモリ領域から前記ネットワーク化装置に伝送するための入力1次コード・ワード処理ユニットと、前記ネットワーク化装置から出力コード・ワードを受信し、前記出力コード・ワードを1次コード・ワードおよび2次コード・ワードとして前記転送メモリ領域に格納するための出力コード・ワード処理ユニットと、前記ネットワーク・ノードにアドレス指定された2次コード・ワードを前記転送メモリ領域から前記ネットワーク化装置に伝送するための入力2次コード・ワード処理ユニットとを含むパケット処理ユニットとを有するネットワーク・ノード。

【0103】14. 前記入力1次コード・ワード処理ユニットが入力1次コード・ワードの完全性を検証するための1次コード・ワード検証ユニットを含み、前記入力2次コード・ワード処理ユニットが入力2次コード・ワードの完全性を検証するための2次コード・ワード検証ユニットを含み、前記出力コード・ワード処理ユニットが1次コード・ワード誤りコード生成ユニットと2次コード・ワード誤りコード生成ユニットとを含む上記13に記載のネットワーク・ノード。

【0104】15. 前記1次コード・ワード誤りコード生成ユニットが前記1次コード・ワードと前記1次コード・ワードが使用しない前記データ・パケット内のビット位置用の固定ビット・パターンとを使用してデータ・パケット誤りコードを生成し、前記1次コード・ワード検証ユニットが、前記1次コード・ワードに基づき、前記1次コード・ワードが使用しない前記データ・パケット内の前記ビット位置用の前記固定ビット・パターンを使用して計算される誤りコードを計算し、前記計算した誤りコードと前記データ・パケット誤りコードとを比較することにより、入力1次コード・ワードの完全性を検証する上記14に記載のネットワーク・ノード。

【0105】16. 前記2次コード・ワード誤りコード生成ユニットが前記2次コード・ワードを使用して2次誤りコードを生成し、前記2次コード・ワード検証ユニットが、前記2次コード・ワードに基づいて計算される誤りコードを計算し、前記計算した誤りコードと前記2次誤りコードとを比較することにより、入力2次コード・ワードの完全性を検証する上記14に記載のネットワーク・ノード。

【0106】17. 前記2次コード・ワード誤りコード生成ユニットが、前記データ・パケットに基づいて計算される第1の誤りコードを計算し、前記計算した第1の誤りコードと前記データ・パケット誤りコードとを比較することにより、前記1次コード・ワードの完全性を

検証し、前記2次コード・ワードが前記データ・パケットに格納された後で前記データ・パケットに基づいて再計算した誤りコードを生成し、前記2次コード・ワード検証ユニットが、前記データ・パケットに基づいて計算される第2の誤りコードを計算し、前記計算した第2の誤りコードと前記データ・パケット誤りコードとを比較することにより、入力2次コード・ワードの完全性を検証する上記14に記載のネットワーク・ノード。

【0107】18. ネットワーク媒体によりひとまとめに接続されたネットワーク・ノードを含み、前記ネットワーク媒体により前記ネットワーク・ノード間を移動するデータ・パケットを有するパケットベースの通信システムにおいて、前記データ・パケットが、複数のビット位置と、前記複数のビット位置の第1部分に格納された1次コード・ワードと、前記複数のビット位置の第2部分に格納された2次コード・ワードとを含むことを特徴とするパケットベースの通信システム。

【0108】19. 前記データ・パケットが、前記複数のビット位置の第3部分に格納されたデータ・パケット誤りコードをさらに含む上記18に記載のパケットベースの通信システム。

【0109】20. 前記データ・パケット誤りコードが、前記1次コード・ワードと、前記第1部分が使用しない前記複数のビット位置のうちのビット位置の代わりに使用する固定ビット・パターンとに基づいて計算される上記19に記載のパケットベースの通信システム。

【0110】21. 前記データ・パケットが、前記2次コード・ワードに基づき、前記複数のビット位置の第4部分に格納された2次誤りコードをさらに含む上記20に記載のパケットベースの通信システム。

【0111】22. 前記データ・パケット誤りコードが前記1次コード・ワードおよび2次コード・ワードに基づいて計算される上記16に記載のパケットベースの通信システム。

【0112】

【発明の効果】本発明によれば、データ・パケットによって提供されたすべてのビット位置を使用するわけではない「1次」コード・ワードが格納されたデータ・パケットの未使用空間内に「2次」コード・ワードを追加(piggy backed)することにより、データ・パケット内の空間が最大限に利用可能となり、データ伝送の帯域幅を増大することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】ネットワーク化システムのブロック図である。

【図2】図1のノードを示すブロック図である。

【図3】図2のノードの一部である転送レジスタのフォーマットを示す図である。

【図4】図3に示す転送レジスタに格納された典型的なヘッダ・コードを示す図である。

【図5】図3に示す転送レジスタに格納された典型的な

データ内容コード・ワードを示す図である。

【図6】本発明の第1及び第2の実施形態によるパケット処理ユニットのブロック図である。

【図7】本発明の第1の実施形態により1次および2次コード・ワードが転送レジスタに格納された後の転送レジスタの内容を示す図である。

【図8】図6に示す1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図9】図6に示す1次コード・ワードECC検証ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図10】図6に示す2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図11】図6に示す2次コード・ワードECC検証ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図12】図6に示す出力コード・ワード処理ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図13】図6に示す出力コード・ワード処理ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図14】図6に示す出力コード・ワード処理ユニットによって実行される機能のフローチャートである。

【図15】本発明の第2の実施形態により1次および2次コード・ワードと再計算されたECCが転送レジスタ40に格納された後の転送レジスタの内容を示す図である。

【図16】16個のプロセッサを有するメッシュ・コンピュータ・システムを示すブロック図である。

【符号の説明】

12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 ノード

28, 30 ネットワーク・セグメント

34 ネットワーク化装置

36 ネットワーク・インタフェース

38 パケット処理ユニット

40 転送レジスタ

48 入力1次コード・ワード処理ユニット

50 出力コード・ワード処理ユニット

52 入力2次コード・ワード処理ユニット

54 1次コード・ワードECC検証ユニット

56 1次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット

58 2次コード・ワード・アドレス・デコード・ユニット

60 2次コード・ワードECC検証ユニット

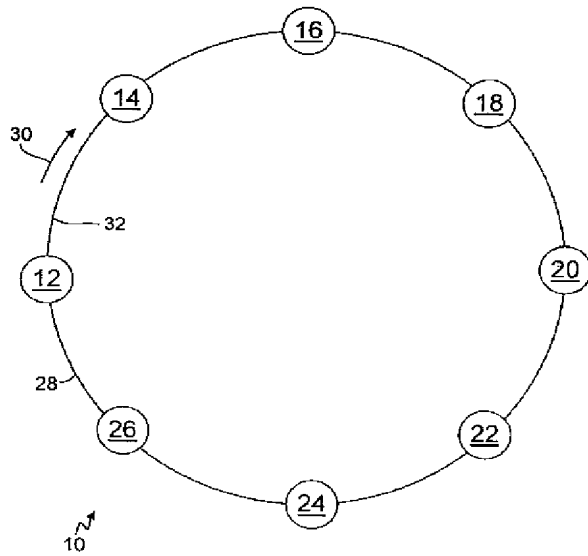
61 バッファ

62 コード・ワード出力バッファおよびスケジューラ・ユニット

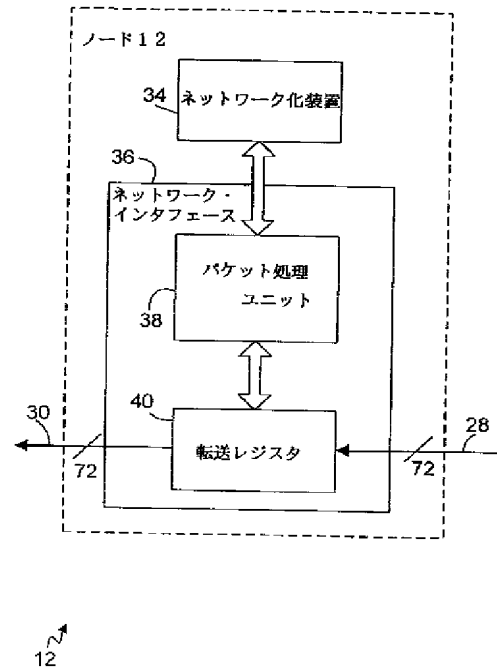
64 1次コード・ワードECC生成ユニット

6.6 2次コード・ワードECC生成ユニット

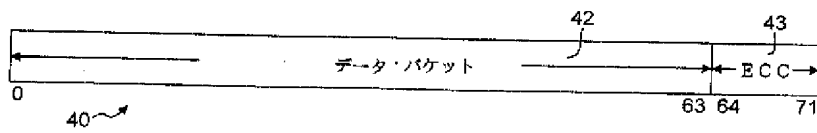
【図1】



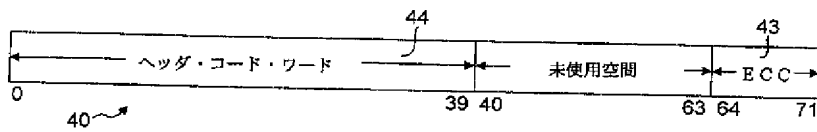
【図2】



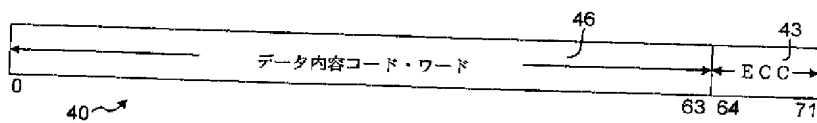
【図3】



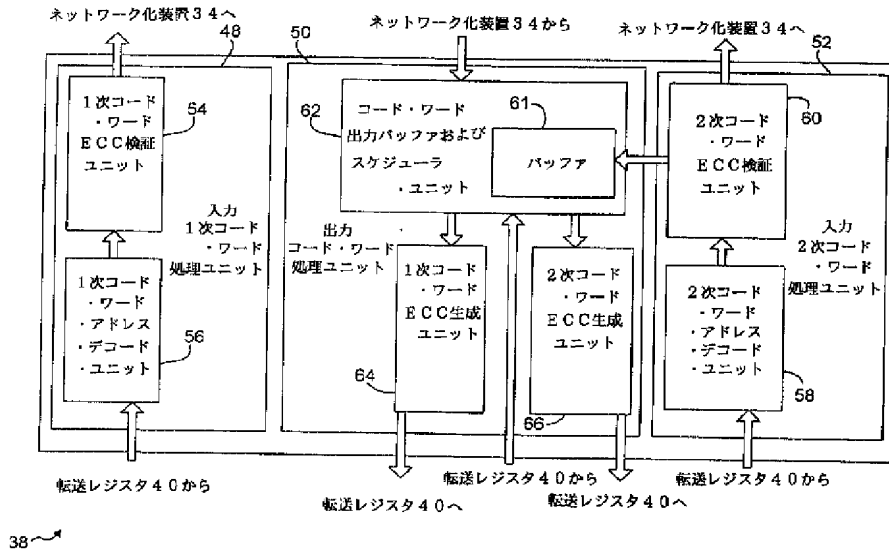
【図4】



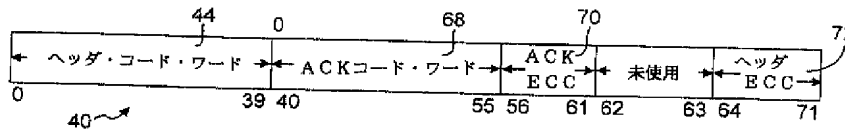
【図5】



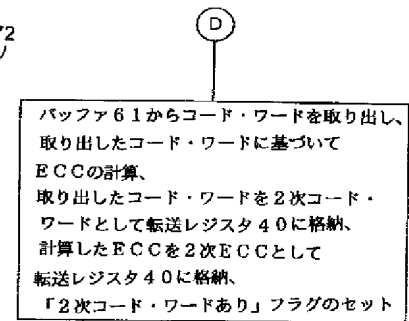
【図6】



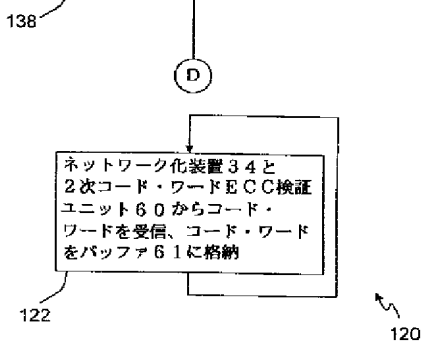
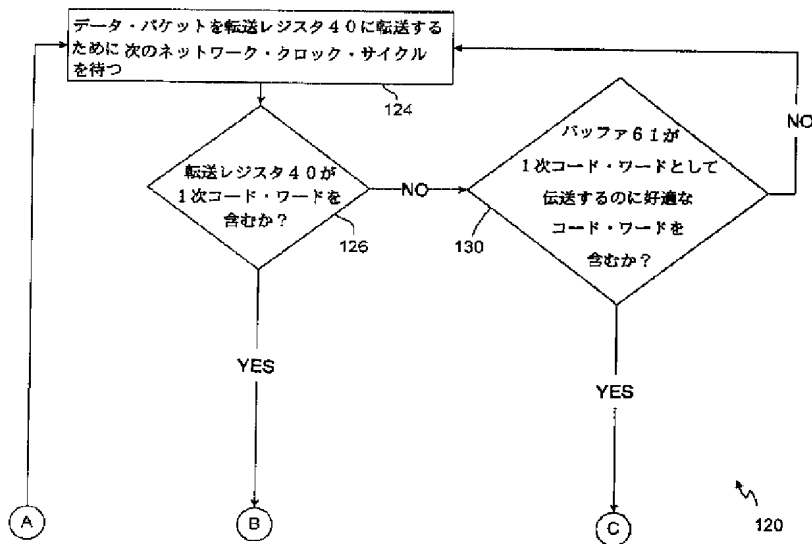
【図7】



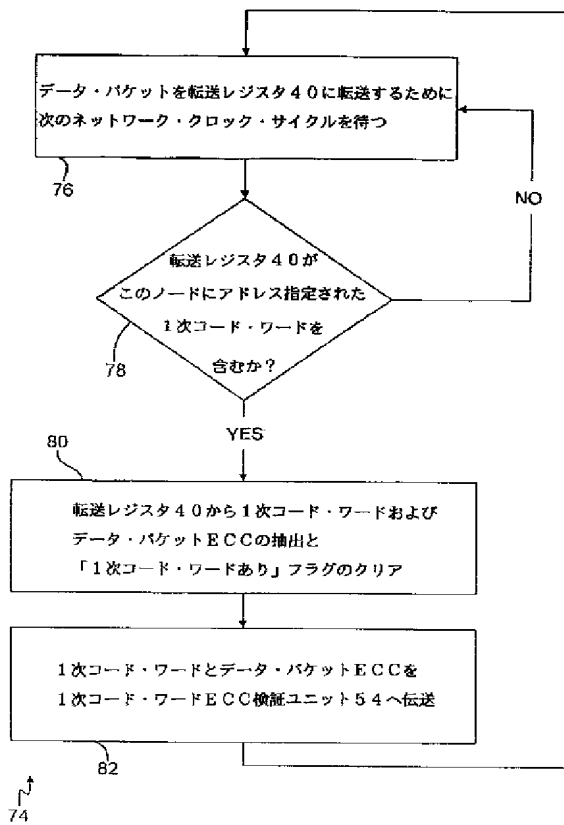
【図14】



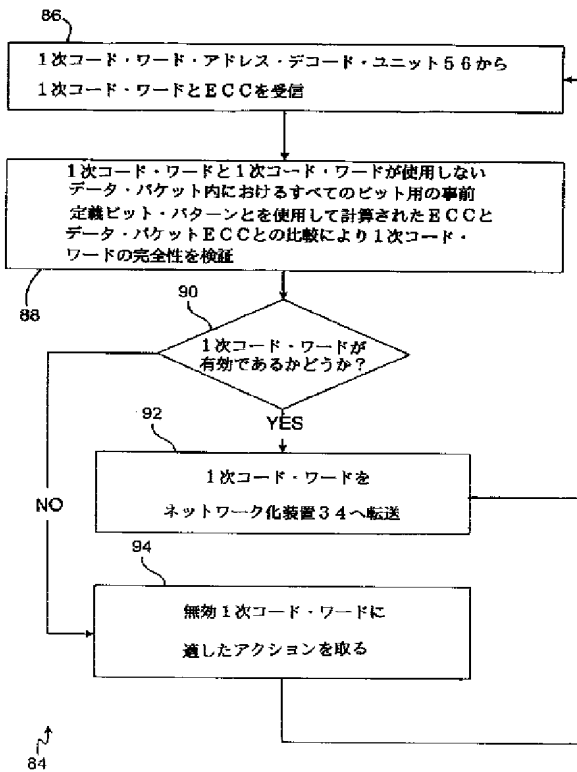
【図12】



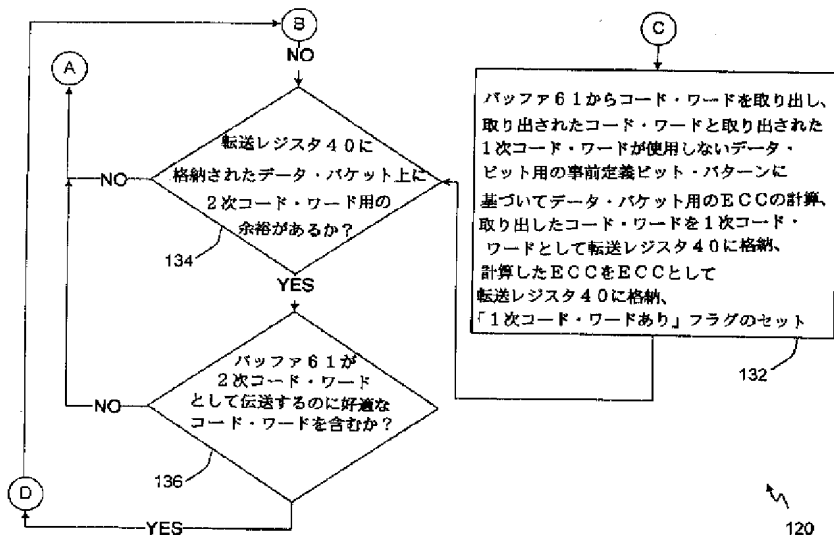
【図8】



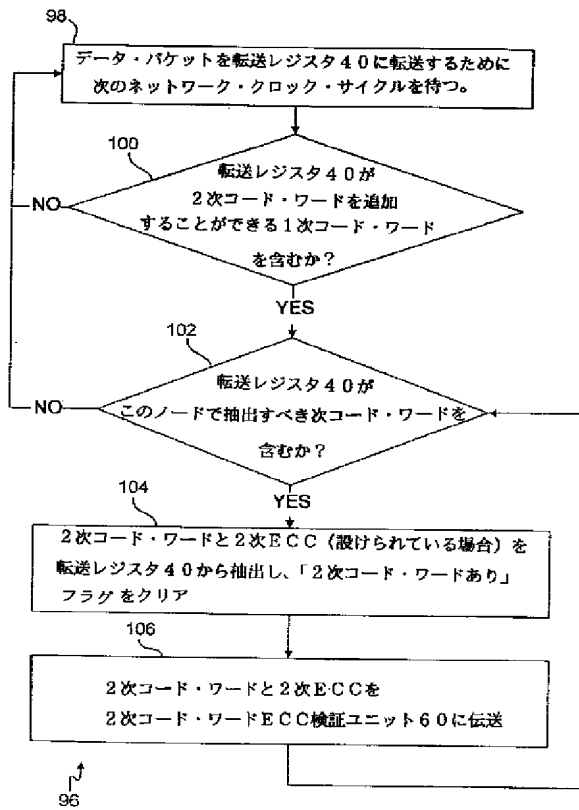
【図9】



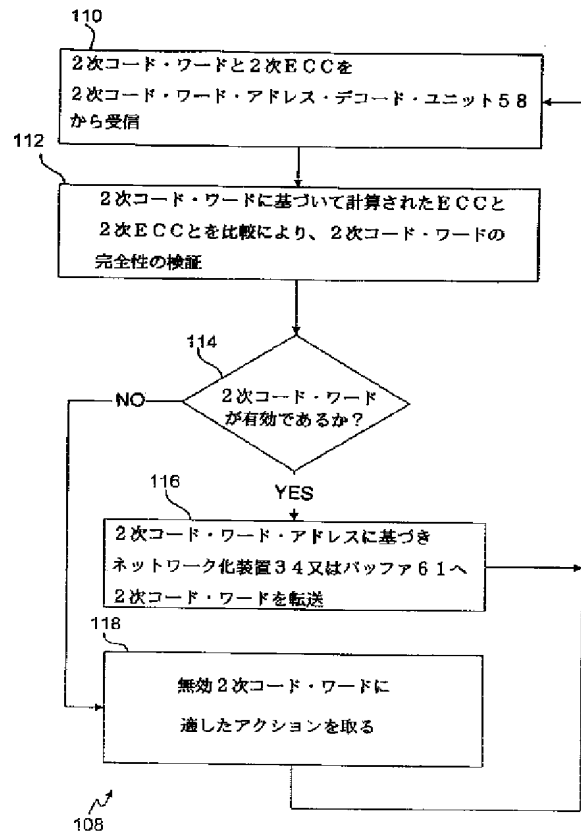
【図13】



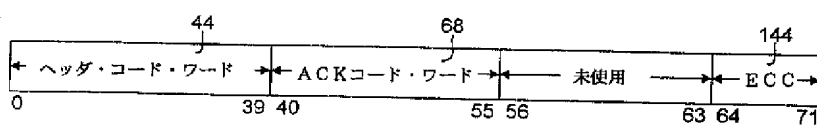
【図10】



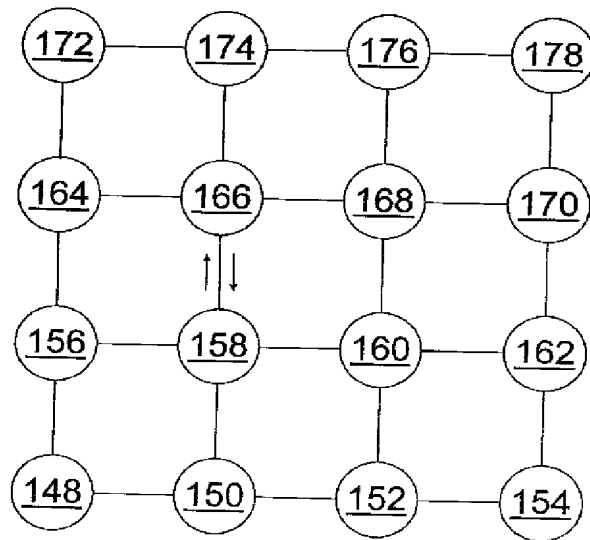
【図11】



【図15】



【図16】



146